

都市鉄道における混雑情報提供による乗車変更行動の分析

An Analysis of Transit Behavior by Congestion Information at the Urban Railways

指導教授 轟 朝 幸 M6015 松 田 博 和

1. はじめに

都市鉄道における慢性的な混雑は、利用者に肉体的・精神的な負担を強いている。また事業者にとっては混雑集中による遅延が発生しており、長年の社会問題となっている。しかし、少子高齢化や人口減少に伴う将来の需要減少から電車の増発や複々線化などの大規模投資施策は難しく、新たな混雑緩和手法が必要となっている。そこで筆者らは先行研究^{1), 2)}で、実際に到着する電車の混雑情報を利用者に提供することで電車ごとの混雑の偏りを是正し、利用者にとって少しでも快適な移動を実現することを目的とした研究を行ってきた。しかし、先行研究では混雑が偏る要因の把握や路面電車を対象とした社会実験の実施のみで、都市鉄道に導入した場合の効果までは確認できていない。

そこで本研究は、都市鉄道において混雑情報提供時における利用者の乗車車両選択行動を把握するために、利用者の意識調査を実施し、乗車車両選択行動モデルを構築する。そして、混雑情報提供による混雑緩和の効果を明らかにすることを目的とする。

2. 鉄道の混雑と混雑緩和対策の現状

少子高齢化による生産年齢人口の減少の影響により、都市鉄道の輸送人員は減少傾向にある。また、鉄道会社の行った数々の混雑緩和対策の効果により、ラッシュ時における鉄道の混雑率は30年間で50%も減少し、今では170%となっている。表-1に鉄道会社の行った混雑対策についてまとめる。しかしながら一部の鉄道路線については、未だに混雑率の高い区間がある。また、鉄道の混雑対策に対する利用者の満足度は、全体の半分以下しか得られていない現状にあり、多くの利用者は混雑緩和対策に対し、鉄道会社に更なるサービス改善を望んでいることが明らかになっている³⁾。

表-1 鉄道会社の混雑対策

混雑緩和目的	主な内容	
輸送力向上	運用面	増発、増結、長編成化
	施設面	複々線化、3線化、新規ルートの開設
	車両面	座席収納車、6扉車、拡張車両
着席ニーズに応えた座席定員制の導入	運用面	通勤ライナーの運転
	車両面	グリーン車
利用者の行動変化	ダイヤ面	優等電車の各駅停車化
	混雑情報の提供	混雑した車両の情報提供、オフピーク通勤(時差通勤、フレックス通勤)
	利用者の自主性	IT技術を用いた混雑緩和

3. 提案する混雑緩和手法

本研究では、利用者にとって快適な移動を実現するために、都市鉄道において既に活用されている車両ごとの乗車率を到着する電車の混雑情報として、リアルタイムに利用者に提供する手法を提案する。これにより、利用者は経験だけに頼らず、混雑した電車や車両をさけて、空いた電車や車両を自ら確実に選択することが可能となる。図-1に提案する混雑情報提供の模式図について示す。また、このような混雑情報の提供により車両ごとの混雑の偏りを是正することで、利用者は快適な車両で移動できるほか、混雑の平準化により定時運行を支援できる可能性がある。

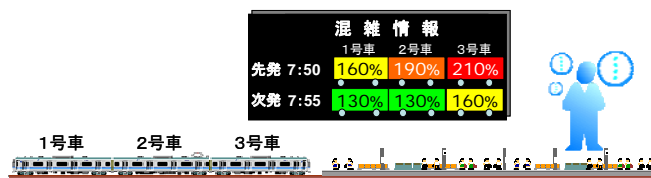


図-1 提案する混雑情報提供の模式図

4. 乗車車両選択行動モデルの基礎的データの取得

利用者の乗車車両選択行動モデルの構築に必要な基礎的データの取得を目的に、電車の混雑率調査と利用者に対して、アンケートによる意識調査を実施した。

(1) 混雑率調査

混雑情報の提供に適した駅を選定するために選定条件を設定し、実際に混雑率調査を実施した。調査概要を表-2に示す。

表-2 混雑率調査概要

項目	主な内容	
調査駅選定条件	混雑状況	到着電車の混雑率に偏りがある
	路線条件	電車本数が多く、優等電車が存在する
	上流側の駅条件	種別ごと、始発駅ごと、車両ごとに到着電車の混雑率に偏りがある 乗車駅の階段、エレベーター、エスカレーター、改札位置
	下流側の駅条件	電車の本数の多さ 下車駅の階段、エレベーター、エスカレーター、改札位置
	利用者の要因	乗車時間の長さ、優等電車への乗り換えが少なさ
混雑率調査	調査目的	調査駅における電車、車両ごとの混雑の現状把握
	調査方法	ホーム最後尾での目視による観測調査
	調査人数	2人
	調査対象	到着する電車・車両の混雑率
	調査駅	東京メトロ東西線 浦安駅
	調査日時	2007年10月15日(月) 6時45分~9時21分 晴れ
調査対象電車	62本 快速電車:13本 通勤快速電車:12本 普通電車:37本 (葛西駅退避普通電車:13本)	

混雑率調査などから、東京メトロ東西線浦安駅を調査箇所を選定した。当駅は都心まで約10km、約20分に位置しており、千葉県浦安市の中心的な駅である。浦安駅は快速電車、通勤快速電車の停車駅であり、通勤快速電車は当駅からは各駅に停車して都心に向かう。さらに普通電車の一部は隣の葛西駅において快速電車に追い越されるため、一部の利用者は当駅において普通電車から快速電車への乗り換えが見られる。

(2) 混雑率調査結果

混雑率調査の結果について、図-2に電車ごと、図-3に車両ごとの平均混雑率の推移について示す。なお、図-2は縦軸に混雑率、横軸に到着電車の出発時刻を取り、電車ごとの間隔を図中に示した。

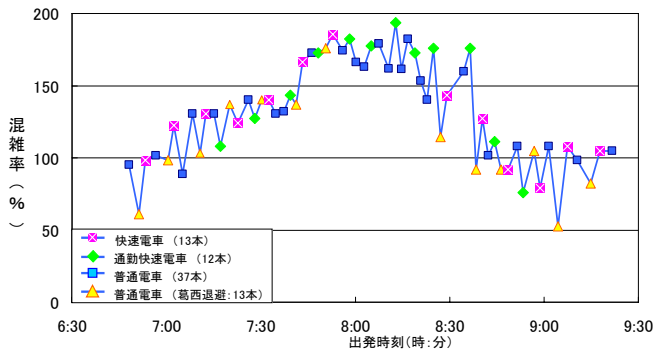


図-2 電車ごとの平均混雑率の推移

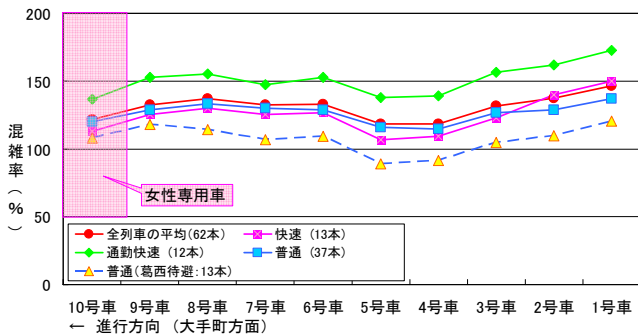


図-3 車両ごとの平均混雑率の推移

図-2より、浦安駅は到着する電車ごとに混雑率の偏りが、快速電車、通勤快速電車と普通電車とで特に顕著な差が見られた。また、隣の葛西駅で後続の快速電車に追い越される普通電車は、他の普通電車と比較して、混雑率が低い傾向にあった。葛西駅で追い越される普通電車は利用者に認知されているため、選択する利用者が少ないのではないかと推測できる。

次に図-3より、車両ごとの混雑率では到着電車の種別に関係なく、同じような傾向が見られた。特に4号車から1号車にかけて混雑率が高く推移するほか、10号車は混雑率が低い傾向にあることがわかった。こ

れは都心の駅の多くで後方寄りに階段が近いこと、1号車寄りの車両で高い混雑率を示す結果となった。また10号車は女性専用車として運転されるため他に比べ、全体的に混雑率が低い結果になったと考えられる。

(3) 利用者の意識調査概要

利用者に混雑情報を提供した場合の乗車車両選択行動を意識調査によって把握し、乗車車両選択行動モデルの構築を目的に、利用者へのアンケート調査を実施した。調査概要と調査項目について表-3に示す。

表-3 利用者の意識調査概要

項目	内容	
調査日時	配布日時:平成19年11月14日(水)6:45~9:30(晴れ) 回収期間:平成19年11月14日(水)~11月30日(金)	
調査場所・調査対象者	東京メトロ 東西線 浦安駅 浦安駅からの乗車客 (主に通勤・通学者)	
回答方式	郵送回答方式	
回収状況	配布部数:1,500部 回収部数:585部 (回収率:39.0%) 有効回答:354部 (有効回答率:23.6%)	
調査項目	質問意図	
	質問項目	
	個人属性	性別、年齢、職業
	当日の鉄道利用状況	利用目的、利用区間、所要時間、時間帯、週の利用回数
日常の行動	乗車電車、車両とその理由、混雑回避行動について、余裕時間、電車の見送り行動について	
混雑情報提供時の行動	乗車電車、車両とその理由、(ピーク前、中、後それぞれについて)混雑情報のニーズ、混雑情報活用条件、混雑情報への支払い意思額	

(4) 利用者の意識調査結果

アンケートの回答者の属性について図-4に示す。回答者の多くが30・40・50代の男女を中心とする通勤者であった。東西線の降車駅では54%の利用者が茅場町駅、日本橋駅、大手町駅の都心の3駅で下車するか、他路線に乗り換えていることがわかった。またラインホール時間は平均で44分であった。さらに回答者は通勤時に平均で14分の余裕時間を持って朝ラッシュ時に移動していることが明らかになった。

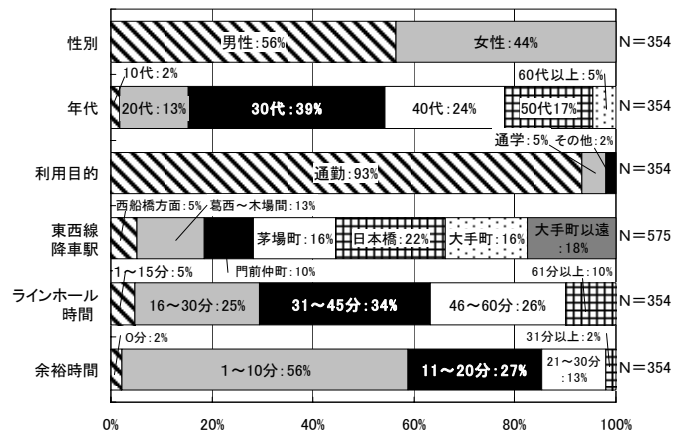


図-4 アンケート回答者属性

図-5に混雑情報に関する項目について示す。65%の利用者が日常の電車利用時になんらかの混雑回避行動を試みる傾向にあり、69%が実際に電車を見送る行動を取った経験があった。混雑情報は、大きな荷物を持っている時や鉄道遅延時など通勤時以外でも活用したいというニーズが高く、82%が今後も活用したいと回答をした。混雑情報の提供に対する毎月の支払い意思額では、72%が鉄道会社のサービスと捉えて0円と回答したが、中には1,000円以上の支払い意思を見せる利用者もあり、利用者がお金を支払ってでも混雑情報を欲しいというニーズの高さが明らかになった。

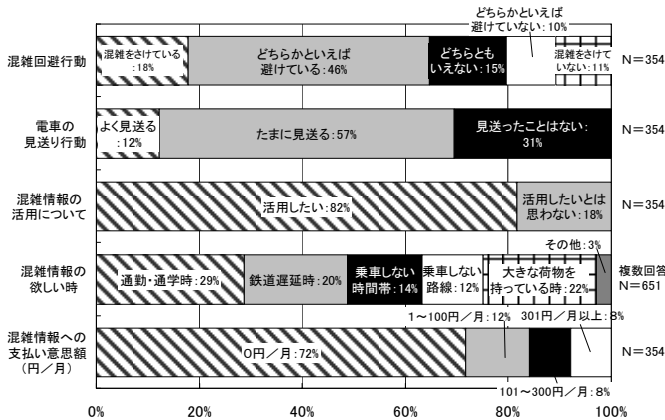


図-5 混雑情報に関する項目

5. 乗車車両選択行動モデルの構築

混雑情報の提供による混雑緩和の効果を明らかにするため乗車車両選択行動モデルの構築を行う。

(1) モデルの概要

本研究では、利用者がどの車両に乗車するかという車両選択行動を考える上で、個人の行動原理や意思決定構造を扱うので、非集計ロジットモデルを構築した。

今回は、利用者の選択行動を単純化するために、浦安駅において図-6のような混雑情報板を用いて駅ホームで混雑情報の提供を行ったと仮定した時、すべての人が混雑情報を参考にして、乗車車両を選択するモデルを構築した。



図-6 混雑情報板のイメージ図 (ピーク後)

利用者の意識調査結果を用いてモデル推定を行った。先行研究¹⁾より、時間帯によって利用者の乗車車両選択

意向が異なることから朝ラッシュピーク前とピーク中、ピーク後の3つの時間帯にわけて分析を行った。

(2) モデル推定結果

パラメータ推定は、最尤推定法を用い、モデル構築に使用した説明変数と推定結果について表-4に示す。説明変数はアンケート結果からクロス集計を行い、利用者の乗車車両選択行動に影響を与え、有意に働いていると考えられる要素を抽出した。共通変数として日常利用している乗車車両から、アンケートによって選択した乗車車両までの「移動距離」と車両ごとの「混雑率」を入力し、個人属性として「ラインホール時間」、「年齢」、朝ラッシュ時に移動する際の時間的なゆとりとして「余裕時間」、混雑情報の提供によって乗車車両までの「移動した距離」を入力した。

表-4 説明変数と推定結果

		車両選択モデル		
		ピーク前	ピーク中	ピーク後
共通変数	移動距離 (m)	-0.036 (-13.429)	-0.042 (-14.215)	-0.041 (-13.322)
	混雑率 (%)	-0.110 (-6.542)	-0.059 (-4.232)	-0.090 (-7.617)
個人属性	ラインホール時間 (分)	-0.014 (-2.671)	-0.028 (-5.103)	-0.032 (-5.551)
	年齢 (歳)	-0.030 (-3.485)	-0.018 (-2.797)	-0.010 (-2.780)
	余裕時間 (分)	0.033 (2.861)	0.028 (3.015)	0.072 (4.407)
	移動した距離 (m)	-0.023 (-4.412)	-0.056 (-3.351)	-0.046 (-3.238)
	初期尤度	-569.741	-569.741	-569.741
	最終尤度	-366.122	-308.412	-311.610
	尤度比	0.357	0.459	0.453
	自由度調整決定係数	0.347	0.448	0.443
	的中率	55.6%	71.8%	65.8%
	サンプル数	354	354	354
	推計回数	6回	6回	6回

数値はパラメータ値、()内はt値

推定の結果、パラメータの符号は合理的であり、t値やモデルの適合度を示す尤度比、自由度調整決定係数は高く、統計的に有意なモデルであることを示している。「移動距離」「混雑率」「移動した距離」でパラメータ値が高い値を示し、なおかつ値が負であることから移動距離が長いほど、混雑率が高いほど、移動した距離が長いほど、利用者が空いた車両を選択することを示している。またピーク後では「余裕時間」のパラメータ値が大きいことから、時間的なゆとりが車両間の移動の決定に大きく影響を与えていることがわかる。

(3) 現状の乗車車両選択行動との比較

利用者の乗車における現状の車両選択とモデルにより得られた混雑情報提供後の車両選択行動についてピーク前、ピーク中、ピーク後の車両選択確率を折れ線

グラフで、車両ごとの混雑率を棒グラフで図-7・8・9にまとめる。3つの時間帯を比較すると、利用者の乗車車両選択行動は時間帯によって大きく異なることがわかる。ピーク前とピーク中の現状の車両選択確率は似ているが、混雑情報提供後は到着する車両の混雑率がわかるために、車両選択確率は異なる結果が得られた。また、ピーク後の時間帯では車両ごとの混雑率の差が最大で24%あることから3・4号車、5・6号車の車両選択確率が15%~20%上がり、大きな変動が見られた。

このように混雑情報の提供により、混雑した車両の選択確率が下がり、空いた車両の選択確率が高くなることがわかる。つまり、混雑情報の提供により、利用者は自ら空いている車両を選択する可能性が高い傾向にあるといえる。

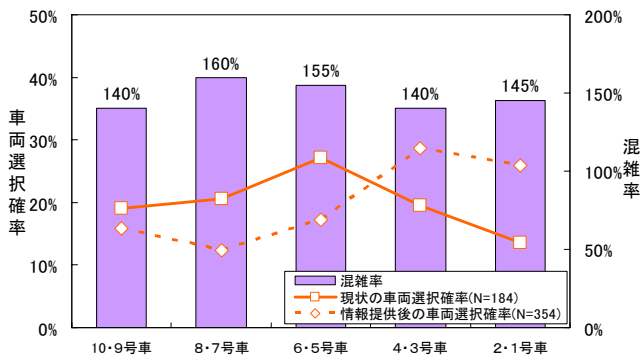


図-7 ピーク前の乗車選択行動

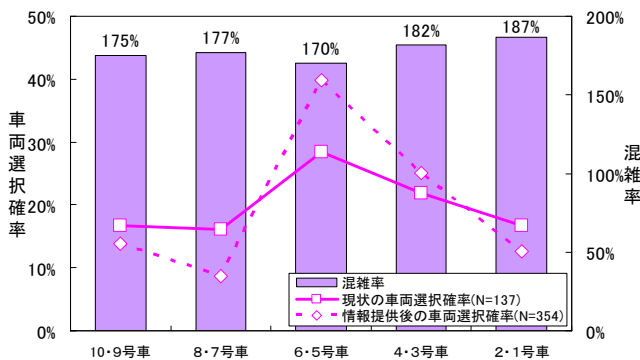


図-8 ピーク中の乗車選択行動

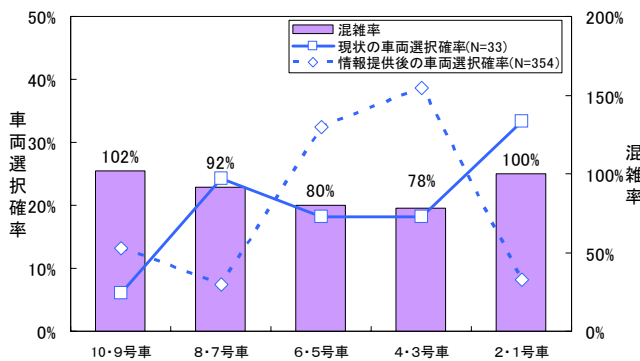


図-9 ピーク後の乗車選択行動

6. おわりに

(1) まとめ

本研究では、都市鉄道における混雑情報提供の効果について乗車車両選択行動モデルを構築することで明らかにした。

混雑率調査では駅におけるミクロな混雑状況について把握した。利用者の意識調査では到着する車両ごとの混雑率の実データを用いて、混雑情報提供時における行動変化と現状の乗車車両選択行動、都市鉄道における混雑情報のニーズについて把握した。

その結果、利用者の現状と混雑情報提供時における乗車車両選択行動の変化について朝ラッシュピーク前、ピーク中、ピーク後の3つの時間帯で明らかにすることができた。また、混雑情報提供時における利用者の乗車車両選択行動モデルのパラメータ推定結果から

「混雑率」と「余裕時間」、日常の乗車車両から混雑情報提供後に乗車選択した車両までの「移動距離」が、利用者の乗車車両選択行動に大きく影響を与える要因であることを明らかにできた。

以上の結果から、混雑情報の提供は、利用者にとって混雑した車両から空いている車両を選択する上での有効な手段の1つであり、都市鉄道における混雑問題に対して利用者の快適な移動の向上につながる施策の1つであるといえる。

(2) 今後の課題

本研究では利用者の乗車車両の選択行動についてモデル化した。今後、先発電車と次発電車あるいは快速電車と普通電車などの電車で乗車選択行動や複数駅における混雑情報提供の効果を明らかにする必要がある。また、路線全体での混雑情報提供時における利用者の行動を把握し、混雑の平準化による混雑緩和の効果を確認することが必要である。

<参考文献>

- 1) 松田博和、轟朝幸：列車車両の混雑情報提供による混雑緩和の可能性の検討、平成17年鉄道技術・政策連合シンポジウム講演論文集、pp.143-146、2005。
- 2) 松田博和、伊藤健史、松本修一、轟朝幸：混雑情報提供による利用者行動変化に関する研究、土木計画学研究・講演集CD-ROM vol.34、2006。
- 3) 東京急行電鉄株式会社：東急電車モニター「前期アンケート調査」実施結果のご報告、HOTほっとTOUKYU、通巻294号、2005。